



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift

⑯ ⑩ DE 195 24 901 A 1

⑯ ⑯ Int. Cl. 6:

F 16 C 3/02

DE 195 24 901 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 195 24 901.1
⑯ ⑯ Anmeldetag: 8. 7. 95
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 30. 4. 97

⑯ ⑯ Anmelder:

Institut für Kraftfahrwesen RWTH Aachen, 52074
Aachen, DE

⑯ ⑯ Erfinder:

Wallentowitz, Henning, Prof. Dr.-Ing., 52078 Aachen,
DE; Steinacker, Tobias, Dipl.-Ing., 52062 Aachen, DE

⑯ ⑯ Kraftübertragungseinrichtung in geflochtene, faserverstärkte Rahmenstrukturen sowie Verfahren zu ihrer
Herstellung

DE 195 24 901 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 018/3

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kraftübertragungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zu seiner Herstellung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 6 und 7.

In letzter Zeit sind zahlreiche Versuche unternommen worden, eine Kraftüberleitung von metallenen Bauteilen auf faserverstärkte Kunststoff-Bauteile zu gestalten. Die Mehrzahl der veröffentlichten Fälle gestattet jedoch nur die optimale Überleitung von Torsionsmomenten, andere Konstruktionen sind lediglich für die Übertragung von Zug/Druck Kräften ausgelegt.

Die Erfindung bezieht sich auf eine metallene Kraftübertragungseinrichtung, die es erlaubt Kräfte in ein Bauteil aus faserverstärktem Kunststoff zu übertragen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Dabei können alle denkbaren Belastungen, also Zug/Druck, Biegung und Torsion übertragen werden. Aus rohrförmigen Bauteilen lassen sich Knotenstrukturen und adaptive Rahmentragwerke für die unterschiedlichsten Konstruktionen aus faserverstärktem Kunststoff erstellen. Besondere Verwendung finden derartige Kraftübertragungseinrichtungen im Fahrzeugbau als Krafteinleitung in Fahrwerksteile aus faserverstärktem Kunststoff.

In der DE-OS 28 51 293 ist eine Antriebswellenkonstruktion beschrieben, die ein aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehendes Hohlwellenteil aufweist, in dessen Enden metallische Buchsen festgelegt sind, welche die Form eines zylindrischen Ringes aufweisen und von dem Hohlwellenteil mit je einer radial gerichteten Fläche vorragen, an welche das Jochteil eines Kardangelenkes oder ein zu dessen Schweißverbindung eingerichtetes Übergangsglied angeschweißt ist.

Die Verbindung zwischen dem aus faserverstärktem Kunststoff bestehenden Wellenteil und den in dessen Enden festgelegten Anschlußbuchsen ist vorwiegend kraftschlüssig, aufgrund der Adhäsionskraft des im ungehärteten Zustand um deren Außenfläche gewickelten faserverstärkten Kunststoffmaterials nach dessen Erhärtung. Der Zusammenhalt dieser Teile kann ferner durch die Ausbildung einer ringförmigen, radial abstehenden Rippe an jeder dieser Buchsen sowie gegebenenfalls durch warzenartige Vorsprünge ihrer Oberfläche und diesen sowie der Rippe angepaßten Innenform des Hohlwellenteiles erhöht werden. Es wurde jedoch gefunden, daß diese Einbindung der Anschlußbuchsen an den für den Dauerbetrieb einer solchen Antriebswelle mit den hierbei unvermeidlichen Wechselbelastungen und Vibrationen unzureichend, und daher die Lebensdauer der so ausgestalteten Antriebswellen relativ gering ist. Darüber ist die abrupte Durchmesserverringerung des Hohlwellenteils etwa am inneren Ende jeder seiner Anschlußbuchsen für den stetigen Kraftschluß von dem einen zum anderen Ende der Welle für deren mechanische Festigkeit unzuträglich, was die übertragbare Leistung vermindert, bzw. im Extremfall zum Bruch der Antriebswelle an diesen Stellen führen kann.

In der DE-29 51 629 ist ein rohrförmiges Bauelement aus faserverstärktem Kunststoff mit darin eingebundenen Endstücken aus Metall gezeigt und beschrieben. Die Endstücke werden auf einen verlorenen Dorn aufgesteckt und mit dem faserverstärktem Kunststoff bewickelt. Zur besseren Kraftübertragung weisen die Hülsenfortsätze der Endstücke ebenfalls ein Gewinde, Rändelung, Wellungen, Zahnumungen oder eine Ringnut auf. Diese Konstruktion behält über der Länge des faserverstärkten Kunststoffes einen konstanten Durchmesser

bei. Sie hat jedoch den Nachteil, daß sie hinsichtlich der Konstruktion und der Fertigung recht aufwendig ist, ein relativ hohes Gewicht besitzt und lediglich für die Übertragung von Torsionsmomenten ausgelegt ist. Zur Herstellung der Verbindung zwischen dem Endstück und dem Jochteil eines Kreuzgelenkes ist eine Löt- oder Schweißverbindung erforderlich, die an der stirnseitigen Endfläche des vorragenden äußeren Zylinderabschnittes jedes der Endstücke angebracht wird. Dadurch ergibt sich ein weiterer fertigungstechnischer Aufwand und eine nicht vorteilhafte thermische Belastung des bereits aufgetragenen faserverstärkten Kunststoffes.

Es ist ebenfalls aus der DE-PS 30 27 432 bekannt die Kraftübertragung von Endstücken durch die Ausbildung einer Ringwölbung und einer Riffelung auf den Hülsenfortsätzen zu erhöhen, wobei sich das Querschnittsprofil zu einem maximalen Wert erweitert und anschließend gegen das Welleninnere bis auf einen Nullwert verjüngt. Zusätzlich sind hier noch umfänglich verteilte Stifte angebracht, die in geneigter Schräglage zur Führung der Faserverbände oder Rovings beim Aufwickeln rutschfeste Umkehrpunkte festlegen und vorzugsweise in Sackbohrungen eingesteckt werden oder in Gewindebohrungen eingedreht werden. Bei einem Bohrungsdurchmesser zwischen 60 und 80 mm sind wenigstens 24, vorzugsweise 32 Verankerungsstifte pro Hülsenfortsatz vorgesehen, die alle einzeln montiert werden müssen, was einen enormen Aufwand in der Fertigung darstellt. Auch hier kann nicht auf eine Schweißverbindung zum Anschluß eines Jochteiles eines Kreuzgelenkes verzichtet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Kraftübertragungseinrichtung der eingangs genannten Art derart zu gestalten, daß mit geringem Materialaufwand und entsprechendem Leistungsgewicht möglichst große Kräfte sicher und dauerhaft übertragen werden können und die Probleme der obengenannten Art auf ein Mindestmaß verringert werden, wozu insbesondere die Ausbildung des Innenabschnitts der Endstücke – sowohl zur Seite der Welle, als auch zur Verbindungeinrichtung hin – gehört. Damit sollen die mit der Kraftübertragungseinrichtung übertragbaren Kräfte und die Lebensdauer mindestens ebenso groß sein, wie jene von vergleichbaren Metallausführungen. Außerdem soll der Aufwand in der Fertigung so gering wie möglich gehalten werden, so daß derartige Bauteile auch in der Großserie wirtschaftlich produziert werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1 bis 7 gelöst. Sie betreffen im wesentlichen die Ausbildung der Endstücke und ihre Einbindung in die Faser-Kunststoff-Beflechtung. Die Ansprüche 3 und 4 betreffen die Ausbildung des Innenabschnitts des Endstücks. Anspruch 6 und 7 beinhalten den Herstellungsprozeß.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß für eine dauerhafte feste Einkapselung der Endstücke in den Endbereichen des rohrförmigen faserverstärkten Kunststoffbauteiles über die sich aus dem Herstellungsverfahren zwangsläufig ergebende kraftschlüssige Verbindung zufolge der Adhäsionskraft des aufgebrachten faserverstärkten Kunststoffmaterials hinaus auch noch eine möglichst umfassende formschlüssige Einbindung der Endstücke in dieses erforderlich ist, dergestalt, daß Zug/Druck, Biegung und Torsion schadlos aufgenommen werden können. Hierzu kommt ferner die Erkenntnis, daß die Kraftübertragung optimal durch einen stetigen Kraftfluß ohne Spannungsspitzen gewährleistet ist,

der durch entsprechende Gestaltung und allmählichen Übergang der Endstücke auf den Querschnitt des rohrförmigen Hauptbauteiles bewirkt wird. All dies bringt die Vorteile einer erhöhten Festigkeit, Dauerbelastbarkeit und Bruchsicherheit dieser Kraftübertragungseinrichtung bei geringem Gewicht desselben sowie die Möglichkeiten einer äußerst wirtschaftlichen Fertigung mit sich. Frühere Vorschläge zur Befestigung der Endstücke unter Verwendung von Klebern oder durch Herumwickeln der Filamentbündel um umfangsmäßig angeordnete Nuten an der Endstückaußenfläche können hier nicht herangezogen werden, um eine Verbindung der erforderlichen Festigkeit und Dauerhaftigkeit fertigungsgerecht zu gewährleisten.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfahrungsgemäß ein metallenes Endstück auf den als verlorenen Dorn dienenden, beispielsweise Hartschaumkern, aufgesetzt und ein Fasermaterial auf den Dorn und die Außenfläche des inneren Abschnittes des Endstückes vorzugsweise durch das Flechtverfahren aufgebracht. Dabei tragen die Erhebungen zur dauerhaften Haltbarkeit und zur höheren Belastbarkeit des Bauteils bei. Anschließend erfolgt die Tränkung der Fasern mit dem Harz vorzugsweise durch das Harzinjektionsverfahren (RTM) oder aber durch das Vakuumsackverfahren, bei einer thermoplastischen Matrix kommen aufgrund der hohen Viskosität nur Prepregs zum Einsatz.

Vielfach ist eine direkte On-line Tränkung nicht erwünscht, da eine Auslagerung der Tränkung die Qualitätssicherung erleichtert. Häufig wird auch die Fertigungsgeschwindigkeit durch die Tränkgeschwindigkeit begrenzt, so daß eine nachträgliche Tränkung vorteilhafter ist. Das RTM-Verfahren gilt als ein einfach zu handhabendes und serientaugliches Fertigungsverfahren, wodurch eine schnelle preiswerte Produktion von Serienbauteilen mit hoher Qualität vorgenommen werden kann, ohne daß große Investitionen vorgenommen werden müssen. Daher kann das RTM-Verfahren als eine gute Ergänzung zum beschriebenen Flechtverfahren angesehen werden.

Anschließend kann in einem weiteren Fertigungsgang eine radiale Verstärkungswicklung aus faserverstärktem Kunststoff über dem inneren Abschnitt des Endstückes angebracht werden, woraufhin der Kunststoff aushärtet. Sie dient dazu die Zeitsicherheit und somit das Kriechen der Matrix unter einer Belastung zu mindern oder zu verhindern.

Nachstehend ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung veranschaulichten Ausführungsbeispiels, unter Angabe weiterer Merkmale, Einzelheiten und Vorteile derselben näher erläutert, wobei in der Zeichnung gleiche Bezugsziffern gleiche Bauteile kennzeichnen. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 im Längsschnitt das Ende einer Kraftübertragungseinrichtung nach der Erfundung und

Fig. 2 einen Querschnitt nach der Linie A-A in Fig. 1.

Die gezeigte Kraftübertragungseinrichtung weist einen rohrförmigen Hauptteil 1 aus faserverstärktem Kunststoff auf, der einen vorgefertigten, permanent eingebetteten Kern aus einem Kunststoff in vollen Standardlängen, insbesondere einem Hartschaumstoff, z. B. Polyurethan oder Polystyrolschaum, also in der Form eines leichtgewichtigen Zylinders oder auch in rohrförmigen Standardlängen einen Hohldorn aus Leichtmetall, Kunststoff oder Hartpapier, also in der Form einer langen dünnen Hülse umfaßt.

Das Hauptteil 1 besteht aus mehreren Lagen hochfester, in einer Matrix aus durch Wärmeeinwirkung ge-

härtetem Kunststoff oder einem thermoplastischen Kunststoff eingebetteter Fasern, vorzugsweise aus Kohlenstoff, Glasfasern oder synthetischen Fasern, die im Zuge der Fertigung in an sich bekannter Weise auf den Hartschaumkern 2 aufgebracht, insbesondere aufgeflechtet werden. Dabei umschließt die Beflechtung den inneren Bereich 4 der Endstücke 3. Diese Endstücke 3 sind im Querschnitt als vorzugsweise rotationssymmetrische zylindrische Körper oder als quadratische Körper aus Metall (Stahl, Alu, Titan oder Magnesium), mit je einem inneren und einem äußeren Zylinderabschnitt 4 bzw. 5 unterschiedlichen Außendurchmessers ausgebildet.

Der innere Zylinderabschnitt 4 des Endstücks besitzt zur Herstellung der innigen Verbindung zwischen dem Metall und dem faserverstärkten Kunststoff an den Innenbereichen 4 Erhebungen 7, die bei einem Durchmesser des Hauptteiles von 80 mm vorzugsweise einen Durchmesser von 10 mm und 8 mm Höhe aufweisen, die in 8 Reihen beliebig versetzt angeordnet sind, vorzugsweise aber aus Symmetriegründen jeweils symmetrisch über den Umfang verteilt sind. Bei anderen Ausführungsformen mit unterschiedlichen Durchmessern kann die Anzahl der Erhebungen und auch die Anzahl der Reihen variieren.

In bevorzugter Ausführungsform sind der innere Zylinderabschnitt 4 jedes der Endstücke 3 mit sich im Längsschnitt gegen sein inneres Ende bis auf ein Mindestmaß konisch verjüngendes Profil, und jedes der Enden des Hartschaumkernes 2 diesem Profil entsprechend, ebenfalls konisch ausgebildet, und von dem Endbereich des betreffenden Zylinderabschnittes der beiden Endstücke 3 vollständig umfaßt. Dadurch ergibt sich der vorausgehend beschriebene feste Sitz der Endstücke 3 auf dem Hartschaum 2 vor und während des Flechtvorgangs zum Aufbau des Hauptteiles 1 aus faserverstärktem Kunststoff, nach dessen Erhärtung jedes der selben in dieser vorgegebenen Lage dauerhaft verbleibt und so eine untrennbare Einheit genau vorgegebene Gesamtlänge bildet. Die Verwendung des Hartschaumes hat in diesem Zusammenhang den besonderen Vorteil, daß er als Flechtkern verwendet sich in hohen Stückzahlen besonders wirtschaftlich erstellen lassen und bei ausreichender mechanischer Festigkeit ein besonders niedriges Eigengewicht besitzen.

Im Verlaufe der Herstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Kraftübertragungseinrichtung wird ein metallisches Endstück 3 mit der konisch sich verjüngenden ausgebildeten inneren Öffnung auf den Hartschaumkern 2 in Längsrichtung aufgesteckt. Das Endstück umschließt den Hartschaumkern bündig und fest genug, um den Belastungen des Flechtprozesses standzuhalten. Ein geeignetes Klemmmittel hält die Endstücke an ihrem Platz. Das rohrförmige Hauptbauteil 2 wird dann um den Hartschaumkern und die Hülse herum aufgebaut.

Der Aufbau des Hauptbauteiles erfolgt vorzugsweise durch das Flechtverfahren in an sich bekannter Weise. Kurz gesagt werden Schichten eines Fasermaterials aufgebracht, welche aus miteinander verflochtenen Endlosfilamenten bestehen. Während des Beflechtens legen sich die Fasern automatisch zwischen die Erhebungen 7 der inneren Abschnitte der Endstücke 4. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis sich mehrere Schichten der gewünschten Gesamt-Dicke ausgebildet haben. Anschließend wird ein nicht ausgehärtetes Harzmateriale, beispielsweise Epoxyd-Harz, oder ein thermoplastischer Kunststoff aufgetragen.

Die hier verwendete Bezeichnung "Schicht" kennzeichnet einen Umfangsbereich in der Wand dem rohrförmigen Hauptbauteil, in dem die Faserverstärkung in einer spezifischen Konfiguration angeordnet ist und sich von den benachbarten Bereichen hinsichtlich der Konfiguration und/oder der Zusammensetzung der Faserverstärkung unterscheidet. Eine einzige Schicht kann eine Mehrfachorientierung oder einen Mehrfachaufbau der Faserverstärkung in einer gegebenen Konfiguration aufweisen. Der Ausdruck "Schicht" umfaßt eine Orientierung, bei der die darin befindliche Faserverstärkung beidseitig (\pm) eines gegebenen Winkels angeordnet ist, die beliebig in mehreren Schritten aufgebaut sein kann.

Vorzugsweise sind bei vorwiegender Zug/Druck-Belastung kombiniert mit Biegung 50% der Beflechtung mit $\pm 45^\circ$ auszuführen und die restlichen 50% mit 0° (Stehfäden) zu applizieren. Beim auftreten von Torsion, Zug/Druck und Biegung sind 25% der Beflechtung unter einem Winkel von 0° (Stehfäden), weitere 25% unter maximal flechbaren Winkel (ca. $70^\circ - 75^\circ$) und 50% bei $\pm 45^\circ$ aufzubringen.

Selbstverständlich kann jede Anzahl von Schichten aufgebracht werden, und zwar unter verschiedenen Winkeln und mit unterschiedlicher Dicke, in Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften des Bauteils.

Die Fasern verstärken die Harzmatrix und verleihen dem Bauteil die erforderlichen Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Steifigkeit und Haltbarkeit. In dieser Beziehung sind Kohlenstofffasern bevorzugt, sie enthalten im allgemeinen mindestens 90 Gew.%, vorzugsweise mindestens 95 Gew.-%, Kohlenstoff.

Das Aufbringen der Ringwicklung 6 im Bereich des inneren Abschnittes 4 kann in bevorzugter Herstellungsweise noch während des Herstellungsverfahrens erfolgen, so daß sie zusammen mit der Hauptbeflechtung mittels eines Tränkungsverfahrens mit Harz versetzen wird. In einer anderen Herstellungsweise kann die Ringwicklung auch noch nach dem Aushärten des Hauptbauteiles erfolgen. Die radiale Faserwicklung wirkt dem Kriechen des Kunststoffes aufgrund der Belastung entgegen und ermöglicht so eine dauerhafte Haltbarkeit der Kraftübertragungseinrichtung. Dabei handelt es sich um einen kohlefaser verstärkten Kunststoff, welcher unter einem Winkel von 90° aufgetragen auf das Hauptbauteil 1 aufgebracht wird.

Weiterhin ist es wesentlich, daß der verstärkte Bereich nicht abrupt endet, sondern daß sich die Radialwicklung kontinuierlich auf die Wandstärke des Hauptbauteiles 1 reduziert, damit Spannungsspitzen vermieden werden.

Anschließend wird der duroplastische Kunststoff durch das Harzinjektionsverfahren (RTM) oder das Vakuumsackverfahren aufgebracht und gehärtet, der thermoplastische Kunststoff wird direkt durch die Verwendung von Prepregs aufgebracht und anschließend konsolidiert.

Der äußere Abschnitt des metallenen Endstückes 5 dient zur Herstellung der Verbindung mit den übrigen metallenen Anschlußteilen, wofür insbesondere die eine Verschraubung aufnehmenden Bohrungen 8 dienen.

Bezugszeichenliste

- 1 rohrförmiges Hauptbauteil aus FVK
- 2 Hartschaumkern
- 3 metallenes Endstück
- 4 innerer Abschnitt des metallenen Endstückes
- 5 äußerer Abschnitt des metallenen Endstückes

6 radiale Faser-Kunststoff Wicklung
7 Erhebungen
8 Bohrungen.

Patentansprüche

1. Kraftübertragungseinrichtung, bestehend aus einem rohrförmigen Hauptteil (1) aus mit einer Vielzahl von aneinander haftenden Schichten eines ausgehärteten faserverstärkten Harzmaterials, das auf einen Kern aus Hartschaum (2) geflochten ist, und in das mindestens an einem Ende ein metallenes Endstück (3) fest formschlüssig integriert ist, wobei das Endstück mit einem inneren und einem äußeren Zylinderabschnitt (4 bzw. 5) ausgebildet ist und der Außenabschnitt aus dem Faser-Kunststoff-Geflecht vorragt, welcher eine Verbindung zu weiteren Bauteilen ermöglicht.

2. Kraftübertragungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Innenabschnitt des Endstücks (4) den gleichen Außendurchmesser wie der Hartschaumkern (2) hat, wobei der Schaumstoffkern vor dem Aufbringen des faserverstärkten Kunststoffes in die sich mit konisch verjüngendem Profil ausgebildete innere Öffnung des Endstücks (3) eingesteckt wird.

3. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandstärke des Innenabschnitts des Endstücks (4) zum Außenabschnitt (5) hin stetig zunimmt und schließlich bei einer Ausführungsform in volles Material übergeht.

4. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche des Innenabschnitts (4) des Endstücks mit Erhebungen (7) ausgestattet ist, die mindestens eine der Schichten des ausgehärteten Fasermaterials durchstoßen. Die Erhebungen können optional zur Erhöhung der übertragbaren Lasten angebracht werden, ebenso kann anstatt der runder Querschnittsform auch eine quadratische oder elliptische Form gewählt werden.

5. Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das über dem Innenabschnitt (4) liegende Faser-Kunststoff-Geflecht gegenüber der Beflechtung im Hauptteil (1) durch eine zusätzliche unidirektionale radiale FVK-Ringwicklung verstärkt ist, welche während des Herstellprozesses auf das Bau teil (1) aufgebracht wird und so einem vorzeitigen Versagen des Bauteils durch Kriechen der Matrix entgegenwirkt.

6. Verfahren zur Herstellung einer Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das metallische Krafteinleitungselement vorzugsweise durch ein Gußverfahren aus Metall hergestellt wird.

7. Verfahren zur Herstellung einer Kraftübertragungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hartschaumkern in das Endstück eingesteckt wird und ein nicht ausgehärtetes Harzmaterial und tragendes Fasermaterial auf den Hartschaumkern und die Außenfläche des Innenabschnitts des Endstückes aufgebracht und ausgehärtet wird, wobei unter Anwendung des Flechtverfahrens der Flechtwinkel und der Anteil der 0° -Stehfäden in Abhängigkeit

von der Belastungsart eingestellt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

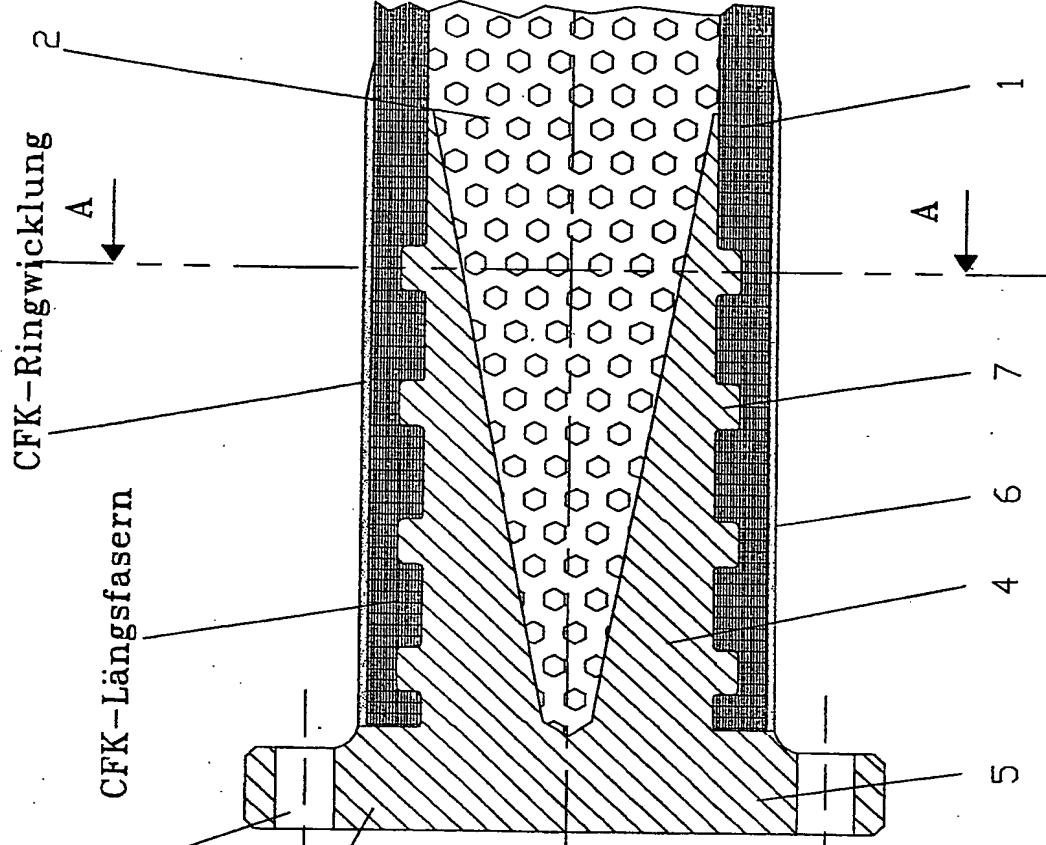
45

50

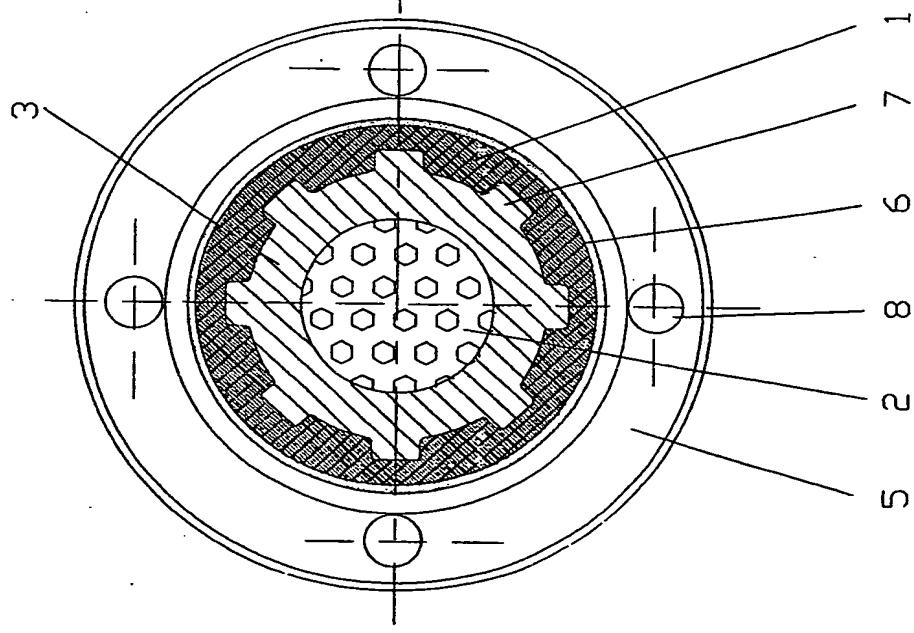
55

60

65



Schnitt A-A



702 018/3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.